

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-126034
(43)Date of publication of application : 17.05.1996

(51)Int.CI. H04N 13/04
G02B 27/22
G03B 35/18

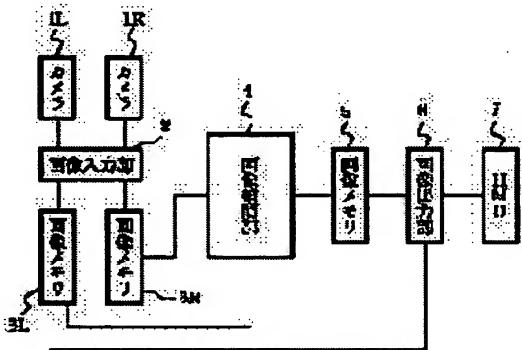
(21)Application number : 06-281279 (71)Applicant : CANON INC
(22)Date of filing : 20.10.1994 (72)Inventor : YANO KOTARO
IIJIMA KATSUMI

(54) METHOD AND DEVICE FOR DISPLAYING STEREOSCOPIC IMAGE

(57)Abstract:

PURPOSE: To avoid a sense of incongruity by devising a method such that the size of an observed image is felt identically to be an actual size even when the interval of optical axes differs between image pickup and observation.

CONSTITUTION: The display device is provided with a left image pickup system 1L and a right image pickup system 1R whose optical axes are arranged in parallel at a prescribed interval 10, an image input section 2, image memories 3L, 3R, an image interpolation section 4, an image output section 6 and an HMD 7. One image is displayed through image interpolation from two images so that the parallax of the images in the case of HMD display is equal to a parallax □1 when an object is actually viewed. Reference point extract processing is conducted by using left image data and right image data being inputs to an image interpolation section 4. A small area of the left image is segmented as a template moved in parallel to detect a position at which a total sum of differences from the right image data is least and the result is used for the pixel position of the corresponding right image. The distance information is expressed as $1/Z = (x_L - x_R)/(f \cdot 10)$ and the X-coordinate of an interpolation image is expressed as $x = x_L - f \cdot 11/Z$ based on the pixel positions x_L, x_R of the corresponding left and right images and the image pickup parameters.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 5 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
 - 2.**** shows the word which can not be translated.
 - 3.In the drawings, any words are not translated.
-

10 CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the solid image display device which is equipped with a display means to display each image photoed with the camera of two right and left, and observes the image

- 15 this displayed as a solid image with both eyes It is the solid image display device characterized by having had a generation means to generate at least one side of the image displayed on said display with the interpolation using the image of another side, and equipping this generation means with a interpolation means to interpolate based on view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at the time of image
- 20 display at least.

[Claim 2] It has an amount detection means of gaps to detect the amount of gaps of the pixel location corresponding to each image photoed with the camera of said two right and left. Said interpolation means The solid image display device according to claim 1 characterized by interpolating so that a ratio with the amount of gaps of the image

- 25 displayed on the amount of gaps and said display of each of said detected pixel location may become equal to the ratio of view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at the time of image display.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Claim 3] It has an amount detection means of gaps to detect the amount of gaps of the pixel location corresponding to each image photoed with the camera of said two right and left. Said interpolation means The solid image display device according to claim 1 characterized by interpolating so that a ratio with the amount of gaps of the image displayed on the amount of gaps and said display of each detected this pixel location may become equal the constant twice of the ratio of view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at the time of image display.

5 [Claim 4] Claim 1 which is equipped with the image transformation section from which an optical axis changes the image which attached congestion to the optical axis, set up said two cameras, and was photoed with two this set-up cameras into the image made parallel, and is characterized by said interpolation means interpolating said changed image thru/or claim 3 are the solid image display device of a publication either.

10 [Claim 5] In the solid image display approach of displaying each image photoed with the camera of two right and left, and observing the image this displayed as a solid image with both eyes The solid image display approach characterized by interpolating it based on view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at the time of image display at least in case the interpolation using the image of another side generates at least one side of the image displayed on said display.

15

20 -----

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

25 [Industrial Application] This invention relates to the solid image display device which observes the image which has the parallax acquired by two or more image pick-up means as a solid image.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0002]

[Description of the Prior Art] What carries out stereoscopic vision using the shutter glasses which picturize the image corresponding to both eyes, switch them by turns, display them for every field of television, are synchronized with the image, and are opened and closed is

5 known with the camera of two right and left as an indicating equipment which observes a solid image conventionally. However, if this indicating equipment is not observed near the core of television, it has the problem that a cubic effect is not acquired.

[0003] In order to solve this, two displays for observing an image on either side

independently by the eye of right and left of an observer are prepared in a head, and the

10 technique of inputting the video signal of the camera of two right and left into the so-called HMD (Head Mounted Display) by which the display was carried in this head directly, and observing a solid image is known.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the above-mentioned conventional

15 example, when spacing of the optical axis of two cameras at the time of photography differed from spacing of the display of HMD, the problem that sense of incongruity arose was in a cubic effect. Although especially average spacing of human being's eye is about 65mm and spacing of the display of HMD is also doubled with about 65mm, since it is restricted in the magnitude of a camera and the direction of spacing at the time of an image

20 pick-up generally becomes larger than spacing at the time of observation, the so-called miniature garden effectiveness that an observation image also actually senses a twist small produces spacing of a camera.

[0005] This invention aims at offering the solid image display device which can obtain a

solid image without the sense of incongruity sensed equivalent to magnitude with the actual

25 magnitude of the image observed when optical-axis spacing differs in the time of photography and observation.

[0006]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- [Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the solid image display device concerning claim 1 of this invention In the solid image display device which is equipped with a display means to display each image photoed with the camera of two right and left, and observes the image this displayed as a solid image with both eyes It
- 5 has a generation means to generate at least one side of the image displayed on said display with the interpolation using the image of another side, and this generation means is equipped with a interpolation means to interpolate based on view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at the time of image display at least.
- [0007] The solid image display device concerning claim 2 is equipped with an amount
- 10 detection means of gaps to detect the amount of gaps of the pixel location corresponding to each image photoed with the camera of said two right and left in the solid image display device concerning claim 1. Said interpolation means is interpolated so that a ratio with the amount of gaps of the image displayed on the amount of gaps and said display of each of said detected pixel location may become equal to the ratio of view spacing at the time of
- 15 image photography, and optical-axis spacing at the time of image display.
- [0008] The solid image display device concerning claim 3 is equipped with an amount detection means of gaps to detect the amount of gaps of the pixel location corresponding to each image photoed with the camera of said two right and left in the solid image display device concerning claim 1. Said interpolation means is interpolated so that a ratio with the
- 20 amount of gaps of the image displayed on the amount of gaps and said display of each this detected pixel location may become equal the constant twice of the ratio of view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at the time of image display.
- [0009] The solid image display device concerning claim 4 attaches congestion to an optical axis in the solid image display device concerning either claim 1 thru/or claim 3, and sets up
- 25 said two cameras, it has the image transformation section from which an optical axis changes the image photoed with two this set-up cameras into the image made parallel, and said interpolation means interpolates said changed image.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0010] In the solid image display approach of the solid image display approach concerning claim 5 displaying each image photoed with the camera of two right and left, and observing the image this displayed as a solid image with both eyes In case the interpolation using the image of another side generates at least one side of the image displayed on said display, it
5 is interpolated based on view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at the time of image display at least.

[0011]

[Function] In the solid image display device concerning claim 1 of this invention Each image photoed with the camera of two right and left with the display means is displayed. In
10 case the this image displayed is observed as a solid image with both eyes, the interpolation using the image of another side generates at least one side of the image displayed on said display by the generation means, and it is interpolated based on view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at the time of image display at least with a interpolation means.

15 [0012] The amount of the pixel location corresponding to each image which photoed with the camera of said two right and left with the amount detection means of gaps of gaps detects, and in the solid image display device concerning claim 2, said interpolation means interpolates so that a ratio with the amount of gaps of the image displayed on the amount of gaps and said display of each of said detected pixel location may become equal to the ratio
20 of view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at the time of image display.

[0013] The solid image display device concerning claim 3 detects the amount of the pixel location corresponding to each image which photoed with the camera of said two right and left with the amount detection means of gaps of gaps, and said interpolation means
25 interpolates so that a ratio with the amount of the image displayed on the amount of gaps and said display of each this detected pixel location of gaps may become equal the constant twice of the ratio of view spacing at the time of image photography, and optical-axis

THIS PAGE BLANK (USPTO)

spacing at the time of image display.

- [0014] The solid image display device concerning claim 4 changes the image photoed with two cameras which attached congestion to the optical axis, set up said two cameras, and were this set up by the image transformation section into the image made parallel [an 5 optical axis], and said interpolation means interpolates said changed image.

[0015]

[Example] The example of the solid image display device of this invention is explained.

[0016] [1st example] drawing 1 is the block diagram showing the configuration of the solid 10 image display device of the 1st example. In drawing, 1L and 1R are a left image pick-up system and a right image pick-up system, respectively, only the predetermined spacing l0 is

left and an optical axis is arranged in parallel.

[0017] The image input section 2 changes into digital image data the video signal outputted from the camera of left image pick-up system 1L and right image pick-up system 1R for every frame, and memorizes it in the image memory 3L and 3R, respectively. The image 15 interpolation section 4 interpolates the image displayed on the right display of HMD7 from the image data memorized in image memories 3L and 3R, and outputs image data to the image memory 5 for an output. The image output section 6 changes into a video signal the digital image data memorized in the image memory 5 for image memory 3L and an output, respectively, and outputs them to HMD7.

20 [0018] Drawing 2 is the explanatory view showing the principle of the method of presentation of a solid image. In drawing, in X, a horizontal direction and Y (not shown) express perpendicularly and Z expresses the depth direction. IL and IR are the image surfaces of a left image pick-up system and a right image pick-up system, respectively, and are in the location of a focal distance f from a view, respectively, and spacing during a view 25 is l0. Since parallax is produced only in the direction of X at this time, only X coordinate is explained below. The Y coordinate of the same point is eternal about a right-and-left image and the interpolation image to display.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0019] O is the object point on a photographic subject, and only distance Z has separated it from the view of both cameras. x_L and x_R are the image points on each image surface I_L and I_R of the object point O, and are shown by the formula (1).

[0020]

5 [Equation 1]

Parallax **0 is shown by the formula (2) when it picturizes with $x_L=f \cdot X/Z$, $x_R=f \cdot (X-l_0)/Z$, therefore the camera that left only l_0 .

[0021]

10 [Equation 2] $**0=x_L-x_R=f \cdot l_0/Z$ -- when the image picturized on such conditions on the other hand is observed by HMD of the optical-axis spacing l_1 , parallax **1 when actually observing a photographic subject is similarly shown by the formula (3).

[0022]

[Equation 3] $**1=f \cdot l_1/Z$, therefore the image with which the parallax also with a big twist arose will be observed, and the distance of the depth direction is actually sensed small.

15 [0023] It is made to display in this example with the image interpolation which asked for the image from two images so that while might be set to parallax **1 when the parallax of the image at the time of a HMD display actually observes a photographic subject.

[0024] Drawing 3 is the explanatory view showing an example of image interpolation. In drawing, a and c are a left image and a right image, respectively, and are the interpolation 20 image with which b performed the parallax correction.

[0025] Drawing 4 is a flow chart which shows image interpolation processing. First, corresponding-points extract processing is performed using the left image data and right image data which are the input of the image interpolation section 4 (step S401).

Corresponding-points extract processing is processing which asks for the pixel location of 25 the right image corresponding to all the pixels of a left image, and is performed by [as being the following].

[0026] First, the small field of a left image is started as a template, parallel translation is

THIS PAGE BLANK (USPTO)

carried out to a template, applying location offset, and total of a difference with right image data detects the smallest location, and makes it the pixel location of a corresponding right image. When the difference of a template and image data does not become below a fixed threshold, or when two or more locations with the minimum value of a difference exist and 5 corresponding points cannot be specified, the flag which tells that corresponding points are not found is built. The pixel location of the detected right image is converted and outputted to the image surface coordinate of right image pick-up system 1R.

[0027] Calculation of distance is performed from the pixel location of the left image corresponding to the next, and a right image, and an image pick-up parameter (step S402).

10 From the coordinates xL and xR of the pixel location of a corresponding left image and a right image, with a formula (1), it can be found as distance information is a formula (4).

[0028]

[Equation 4] $1/Z = (xL - xR)/(f - l0)$

Moreover, the x-coordinate in the interpolation image displayed at this time can be found 15 from a formula (5).

[0029]

[Equation 5] All the distance information that is the pixels in which corresponding points are found within $x = xL - f1/Z$, thus the interpolation image displayed by processing of step S402 can be found. However, since distance information cannot be found in the field which 20 cannot take correspondence of a pixel location by the left image and the right image, distance interpolation processing is performed (step S403).

[0030] Drawing 5 is the explanatory view showing the contents of distance interpolation processing. In drawing, since the field shown with a slash was hidden by the short-distance body, it is a field which was not able to take correspondence with a right-and-left image. 25 Among these, the field shown by OL is located on the left-hand side of a short-distance body, the distance information on right and left of this field is compared, when the direction of a right-hand side field is a long distance, it is recognized, and distance is interpolated

THIS PAGE BLANK (USPTO)

from the distance information on a right-hand side field. By the above processing, all the distance information in the interpolation image to display can be found.

[0031] From the distance information and the image pick-up parameter which were able to be found at step S403, it asks by the coordinate transformation equation showing the pixel coordinate of the left image of all the pixels on a interpolation image, and a right image to a formula (6).

[0032]

[Equation 6]

Image data-interpolation processing is performed from the pixel coordinate of a

right-and-left image and right-and-left image data which were able to be found at
10 $xL=x+f-l1/Z$, and the $xR=xL-f-l0 / Z$ step S404 (step S405). Interpolation of image data is performed by processing of hyperbolic form interpolation etc. As for the field where the field where corresponding points were able to be found, and the field shown by OL of drawing 5 show the interpolation value from a left image by OR, the interpolation value
15 from a right image is given at this time. The interpolation image data displayed by step S405 is outputted to the image memory 5 for an output.

[0033] Therefore, the solid image which is filling the formula (2) with the above-mentioned relation of parallax **1 when actually observing a photographic subject with parallax **0 picturized with the camera on either side in this example and (3), and does not have the
20 sense of incongruity sensed equivalent to magnitude with the magnitude of the image observed actual since it is **0:**1=l0:l1 can be obtained.

[0034] The [2nd example] Below, the solid image display device of the 2nd example is explained. In said 1st example, since the photographic subject image which was common with the right-and-left image will no longer be obtained if optical-axis spacing of the image
25 pick-up systems 1L and 1R becomes to some extent large, it is not parallel in the optical axis of the right-and-left image pick-up systems 1L and 1R, and it is necessary to attach and set up congestion to some extent.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0035] In the 2nd example, interpolation of the display image to such a case and generation are performed. Drawing 6 is the block diagram showing the configuration of the solid image display device of the 2nd example. 1L and 1R are a left image pick-up system and a right image pick-up system, respectively, and an optical axis leaves only the predetermined 5 spacing l2, each optical axis crosses by angle-of-convergence 2theta, and they are arranged.

[0036] The image input section 2 changes into digital image data the video signal outputted from the camera of left image pick-up system 1L and right image pick-up system 1R for every frame. The image transformation sections 8L and 8R are changed into the image data which made parallel the optical axis of the right-and-left image pick-up systems 1L and 1R, 10 and picturized it from the image data of each right and left changed into digital image data, and are memorized in the image memory 3L and 3R, respectively. The image interpolation section 10 generates with interpolation the image displayed on the right display of HMD7 from the image data memorized in image memories 3L and 3R, and outputs image data to the image memories 9L and 9R for an output. The image output section 6 changes into a 15 video signal the digital image data memorized in the image memories 9L and 9R for an output, respectively, and outputs them to HMD7.

[0037] Drawing 7 is the explanatory view showing the contents of processing of the image transformation sections 8L and 8R. In drawing, the image surface of a left image pick-up system and a right image pick-up system where IL and IR carried out congestion only of 20 theta to the photographic subject, respectively, IL', and IR' are the image surfaces of the left image pick-up system at the time of making an optical axis parallel, and a right image pick-up system. image transformation -- the section -- eight -- L -- *** -- the object point -- O -- receiving -- the left -- an image pick-up -- a system -- the image surface -- IL -- the image point -- xL -- an optical axis -- parallel -- having carried out -- a case -- the left -- an 25 image pick-up -- a system -- the image surface -- IL -- ' -- the image point -- xL -- ' -- corresponding -- as -- an image -- changing .

[0038] Since the correspondence relation of xL and xL' does not have view migration, the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

parameter of angle-of-convergence 2θ is carried out to a focal distance f , and it is matched. Similarly, in image transformation section 8R, an image is changed so that it may correspond to the image point of image surface IR' of a right image pick-up system when the image point of the image surface IR of a right image pick-up system makes an optical axis parallel.

[0039] Drawing 8 is the explanatory view showing the example of image transformation. The keystone distortion has produced a and b for congestion by the input image from a left image pick-up system and a right image pick-up system, respectively. c and d are an image at the time of making an optical axis parallel by the output image from the image transformation section. However, the shadow area of drawing is a field where image data is not inputted, and the optical-axis core has shifted in the direction of X, respectively.

[0040] Drawing 9 is the explanatory view showing the contents of processing of the image interpolation section 10. IL' and IR' are the image surfaces of the left image pick-up system at the time of making an optical axis parallel, and a right image pick-up system, respectively, and the image with which parallax produced only the part of the optical-axis spacing l_2 is inputted from image memories 3L and 3R. The display image which optical-axis spacing is l_1 and outputs the image which should be displayed on HMD7 to image memory 9L for an output is an image which is set to parallax **2 shown in a formula (7) to the image of image memory 3L, and interpolates and generates this from right-and-left image data and an image pick-up parameter in the image interpolation section 10.

[0041]

$$[Equation 7] \quad **2 = f - (l_2 - l_1) / (2Z)$$

Similarly, the display image outputted to image memory 9R for an output is an image which is set to parallax **3 shown in a formula (8) to the image of image memory 3L, and interpolates and generates this from right-and-left image data and an image pick-up parameter in the image interpolation section 10.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0042]

[Equation 8] $**3=f-(l_2+l_1)/(2Z)$

The approach of image interpolation performs processing equivalent to said 1st example shown in drawing 4 , and generates two interpolation images.

- 5 [0043] As shown above, when it observes by HMD also to the picturized image which carried out congestion, with the solid image display device of the 2nd example, a solid image without sense of incongruity can be obtained.

[0044] The [3rd example] Below, the solid image display device of the 3rd example is explained. When picturizing a solid image, the miniature model of an actual photographic
10 subject may be picturized and displayed. In this case, it can be made to display that a twist also actually senses an observation image large using image interpolation processing.

[0045] The solid image display device of the 3rd example has the same configuration as said 2nd example. Drawing 10 is the explanatory view showing the contents of processing in the image interpolation section 10 for showing the image of the picturized miniature
15 model greatly.

[0046] Like drawing 9 , IL' and IR' are the image surfaces of the left image pick-up system at the time of making an optical axis parallel, and a right image pick-up system, respectively, and the image with which parallax produced only the part of the optical-axis spacing l2 is inputted from image memories 3L and 3R. Although optical-axis spacing is l1,
20 the image which should be displayed on HMD as $l_3=l_1/\beta$, since parallax should just be set to $1/\beta$ to show the picturized image actual beta twice The display image outputted to image memory 9L for an output is an image which is set to parallax $**4$ as shown in a formula (9) to the image of image memory 3L, and interpolates and generates this from right-and-left image data and an image pick-up parameter in the image interpolation section
25 10.

[0047]

[Equation 9] $**4=f-(l_2-l_3)/(2Z)$

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Similarly, the display image outputted to image memory 9R for an output is an image which is set to parallax **5 as shown in a formula (10) to the image of image memory 3L, and interpolates and generates this from right-and-left image data and an image pick-up parameter in the image interpolation section 10.

5 [0048]

[Equation 10] $**5=f-(l_2+l_3)/(2Z)$

As shown above, when it observes by HMD to the image which picturized the miniature model of an actual photographic subject, by this example, the solid image sensed for the magnitude of the scale factor of a request of the magnitude of a miniature model can be

10 obtained.

[0049] In addition, it cannot be overemphasized that equivalent effectiveness is acquired also about the case where stereoscopic vision is carried out using the shutter glasses which switch two picturized images by turns, display them for every field of television, are synchronized with the image, and are opened and closed although it was the case where it

15 was made to display on HMD, in the example shown above.

[0050]

[Effect of the Invention] According to the solid image display device concerning claim 1 of this invention, each image photoed with the camera of two right and left with the display means is displayed. In case the this image displayed is observed as a solid image with both 20 eyes, at least one side of the image displayed on said display by the generation means Since the interpolation using the image of another side generates and it interpolates based on view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at the time of image display at least with a interpolation means A solid image without the sense of incongruity sensed equivalent to magnitude with the actual magnitude of the image observed when

25 optical-axis spacing differs in the time of photography and observation can be obtained.

[0051] According to the solid image display device concerning claim 2, the amount of gaps of the pixel location corresponding to each image photoed with the camera of said two right

THIS PAGE BLANK (USPTO)

and left with the amount detection means of gaps is detected. Since said interpolation means is interpolated so that a ratio with the amount of gaps of the image displayed on the amount of gaps and said display of each of said detected pixel location may become equal to the ratio of view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at 5 the time of image display A solid image without the sense of incongruity sensed equivalent to magnitude with the actual magnitude of the image observed can be obtained.

[0052] According to the solid image display device concerning claim 3, the amount of gaps of the pixel location corresponding to each image photoed with the camera of said two right and left with the amount detection means of gaps is detected. Since said interpolation 10 means is interpolated so that a ratio with the amount of gaps of the image displayed on the amount of gaps and said display of each this detected pixel location may become equal the constant twice of the ratio of view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at the time of image display As opposed to the image which picturized the miniature model of an actual photographic subject, when it observes by HMD, the solid 15 image sensed for the magnitude of the scale factor of a request of the magnitude of a miniature model can be obtained.

[0053] According to the solid image display device concerning claim 4, attach congestion to an optical axis and said two cameras are set up. Since an optical axis changes the image photoed with two cameras this set up by the image transformation section into the image 20 made parallel and said interpolation means interpolates said changed image Also to the picturized image which carried out congestion, when it observes, for example by HMD, a solid image without sense of incongruity can be obtained.

[0054] In the solid image display approach of according to the solid image display approach concerning claim 5 displaying each image photoed with the camera of two right 25 and left, and observing the image this displayed as a solid image with both eyes Since it is interpolated based on view spacing at the time of image photography, and optical-axis spacing at the time of image display at least in case the interpolation using the image of

THIS PAGE BLANK (USPTO)

another side generates at least one side of the image displayed on said display A solid image without the sense of incongruity sensed equivalent to magnitude with the actual magnitude of the image observed when optical-axis spacing differs in the time of photography and observation can be obtained.

5 -----

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the configuration of the solid image display

10 device of the 1st example.

[Drawing 2] It is the explanatory view showing the principle of the method of presentation of a solid image.

[Drawing 3] It is the explanatory view showing an example of image interpolation.

[Drawing 4] It is the flow chart which shows image interpolation processing.

15 [Drawing 5] It is the explanatory view showing the contents of distance interpolation processing.

[Drawing 6] It is the block diagram showing the configuration of the solid image display device of the 2nd example.

20 [Drawing 7] It is the explanatory view showing the contents of processing of the image transformation sections 8L and 8R.

[Drawing 8] It is the explanatory view showing the example of image transformation.

[Drawing 9] It is the explanatory view showing the contents of processing of the image interpolation section 10.

25 [Drawing 10] It is the explanatory view showing the contents of processing in the image interpolation section 10 for showing the image of the picturized miniature model greatly.

[Description of Notations]

1L -- Left image pick-up system

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 1R -- Right image pick-up system
- 2 -- Image Input Section
- 4 -- Image Interpolation Section
- 7 -- HMD
- 5 8L, 8R -- Image transformation section

[Translation done.]

10

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(51)Int.C1.⁶

識別記号

F I

H04N 13/04

G02B 27/22

G03B 35/18

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全8頁)

(21)出願番号 特願平6-281279

(22)出願日 平成6年(1994)10月20日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 矢野 光太郎

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 飯島 克己

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

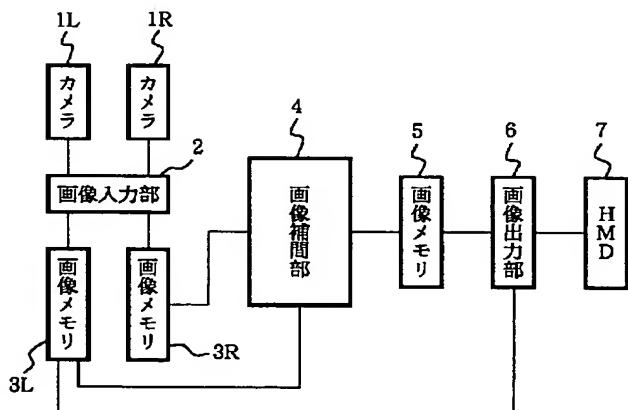
(74)代理人 弁理士 渡部 敏彦

(54)【発明の名称】立体画像表示装置および方法

(57)【要約】

【目的】撮影時と観察時とで光軸間隔が異なった場合においても観察される画像の大きさが実際の大きさと同等に感じる違和感のない立体画像を得ることができる立体画像表示装置を提供する。

【構成】立体画像表示装置は、所定の間隔 I_0 だけ離れて平行に光軸が配置される左撮像系 $1L$ 、右撮像系 $1R$ 、画像入力部 2 、画像メモリ $3L$ 、 $3R$ 、画像補間部 4 、画像出力部 6 、HMD 7 を備える。HMD表示時の画像の視差が実際に被写体を観察したときの視差 Δ となるよう一方の画像を2つの画像から求めた画像補間により表示する。画像補間部 4 の入力である左画像データ、右画像データを用いて対応点抽出処理を行なう。左画像の小領域をテンプレートとして切り出し、平行移動させて右画像データとの差の総和が最も小さい位置を検出し、対応する右画像の画素位置とする。対応する左画像および右画像の画素位置 x_L 、 x_R と撮像パラメータとから距離情報は $1/Z = (x_L - x_R) / (f \cdot I_0)$ と、補間画像の x 座標は $x = x_L - f \cdot I_1 / Z$ と算出される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 左右 2 台のカメラで撮影したそれぞれの画像を表示する表示手段を備え、該表示される画像を両眼で立体画像として観察する立体画像表示装置において、前記表示部に表示される画像の少なくとも一方を、他方の画像を用いた補間により生成する生成手段を備え、該生成手段は、少なくとも画像撮影時の視点間隔および画像表示時の光軸間隔に基づいて補間する補間手段を備えたことを特徴とする立体画像表示装置。

【請求項 2】 前記左右 2 台のカメラで撮影したそれぞれの画像に対応する画素位置のずれ量を検出するずれ量検出手段を備え、

前記補間手段は、

前記検出された各画素位置のずれ量と前記表示部に表示された画像のずれ量との比が画像撮影時の視点間隔と画像表示時の光軸間隔との比に等しくなるように補間することを特徴とする請求項 1 記載の立体画像表示装置。

【請求項 3】 前記左右 2 台のカメラで撮影したそれぞれの画像に対応する画素位置のずれ量を検出するずれ量検出手段を備え、

前記補間手段は、

該検出された各画素位置のずれ量と前記表示部に表示された画像のずれ量との比が画像撮影時の視点間隔と画像表示時の光軸間隔との比の定数倍に等しくなるように補間することを特徴とする請求項 1 記載の立体画像表示装置。

【請求項 4】 光軸に輻輳をつけて前記 2 台のカメラを設定し、

該設定された 2 台のカメラで撮影された画像を、光軸が平行であるとした画像に変換する画像変換部を備え、前記補間手段は、前記変換された画像を補間することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか記載の立体画像表示装置。

【請求項 5】 左右 2 台のカメラで撮影したそれぞれの画像を表示し、

該表示される画像を両眼で立体画像として観察する立体画像表示方法において、

前記表示部に表示される画像の少なくとも一方を、他方の画像を用いた補間により生成する際に、

少なくとも画像撮影時の視点間隔および画像表示時の光軸間隔に基づいて補間することを特徴とする立体画像表示方法。

【発明の詳細な説明】**【0 0 0 1】**

【産業上の利用分野】 本発明は複数の撮像手段によって得られた視差を有する画像を立体画像として観察する立体画像表示装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 従来、立体画像を観察する表示装置とし

て左右 2 台のカメラによって両眼に対応した画像を撮像し、それらをテレビのフィールド毎に交互に切り換えて表示し、その画像に同期させて開閉するシャッタメガネを用いて立体視するものが知られている。しかし、この表示装置は、テレビの中心付近で観察しないと立体感を得られないという問題がある。

【0 0 0 3】 これを解決するために、観察者の左右の眼で左右の画像を独立に観察するための 2 つの表示部を頭部に設け、この頭部に表示部が搭載されたいわゆる HMD

10 D (Head Mounted Display) に直接に左右 2 台のカメラのビデオ信号を入力して立体画像を観察する手法が知られている。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来例では撮影時の 2 台のカメラの光軸の間隔と HMD の表示部の間隔が異なる場合に立体感に違和感が生じるという問題があった。特に、人間の眼の平均的な間隔は 65 mm 程度であり、HMD の表示部の間隔も 65 mm 程度に合わせてあるが、カメラの間隔はカメラの大きさで制限されるため、一般には撮像時の間隔の方が観察時の間隔より大きくなるため、観察画像が実際よりも小さく感じるといいわゆる箱庭効果が生じる。

【0 0 0 5】 本発明は、撮影時と観察時とで光軸間隔が異なった場合においても観察される画像の大きさが実際の大きさと同等に感じる違和感のない立体画像を得ることができる立体画像表示装置を提供することを目的とする。

【0 0 0 6】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため 30 に、本発明の請求項 1 に係る立体画像表示装置は、左右 2 台のカメラで撮影したそれぞれの画像を表示する表示手段を備え、該表示される画像を両眼で立体画像として観察する立体画像表示装置において、前記表示部に表示される画像の少なくとも一方を、他方の画像を用いた補間により生成する生成手段を備え、該生成手段は、少なくとも画像撮影時の視点間隔および画像表示時の光軸間隔に基づいて補間する補間手段を備える。

【0 0 0 7】 請求項 2 に係る立体画像表示装置は、請求項 1 に係る立体画像表示装置において前記左右 2 台のカメラで撮影したそれぞれの画像に対応する画素位置のずれ量を検出するずれ量検出手段を備え、前記補間手段は、前記検出された各画素位置のずれ量と前記表示部に表示された画像のずれ量との比が画像撮影時の視点間隔と画像表示時の光軸間隔との比に等しくなるように補間する。

【0 0 0 8】 請求項 3 に係る立体画像表示装置は、請求項 1 に係る立体画像表示装置において前記左右 2 台のカメラで撮影したそれぞれの画像に対応する画素位置のずれ量を検出するずれ量検出手段を備え、前記補間手段は、該検出された各画素位置のずれ量と前記表示部に表

示された画像のずれ量との比が画像撮影時の視点間隔と画像表示時の光軸間隔との比の定数倍に等しくなるように補間する。

【0009】請求項4に係る立体画像表示装置は、請求項1乃至請求項3のいずれかに係る立体画像表示装置において、光軸に輻輳をつけて前記2台のカメラを設定し、該設定された2台のカメラで撮影された画像を、光軸が平行であるとした画像に変換する画像変換部を備え、前記補間手段は、前記変換された画像を補間する。

【0010】請求項5に係る立体画像表示方法は、左右2台のカメラで撮影したそれぞれの画像を表示し、該表示される画像を両眼で立体画像として観察する立体画像表示方法において、前記表示部に表示される画像の少なくとも一方を、他方の画像を用いた補間に生成する際に、少なくとも画像撮影時の視点間隔および画像表示時の光軸間隔に基づいて補間する。

【0011】

【作用】本発明の請求項1に係る立体画像表示装置では、表示手段により左右2台のカメラで撮影したそれぞれの画像を表示し、該表示される画像を両眼で立体画像として観察する際に、生成手段により前記表示部に表示される画像の少なくとも一方を、他方の画像を用いた補間に生成し、補間手段により少なくとも画像撮影時の視点間隔および画像表示時の光軸間隔に基づいて補間する。

【0012】請求項2に係る立体画像表示装置では、ずれ量検出手段により前記左右2台のカメラで撮影したそれぞれの画像に対応する画素位置のずれ量を検出し、前記補間手段は前記検出された各画素位置のずれ量と前記表示部に表示された画像のずれ量との比が画像撮影時の視点間隔と画像表示時の光軸間隔との比に等しくなるよう補間する。

【0013】請求項3に係る立体画像表示装置は、ずれ量検出手段により前記左右2台のカメラで撮影したそれぞれの画像に対応する画素位置のずれ量を検出し、前記補間手段は該検出された各画素位置のずれ量と前記表示部に表示された画像のずれ量との比が画像撮影時の視点間隔と画像表示時の光軸間隔との比の定数倍に等しくなるよう補間する。

【0014】請求項4に係る立体画像表示装置は、光軸に輻輳をつけて前記2台のカメラを設定し、画像変換部により該設定された2台のカメラで撮影された画像を、光軸が平行であるとした画像に変換し、前記補間手段は前記変換された画像を補間する。

【0015】

【実施例】本発明の立体画像表示装置の実施例について説明する。

【0016】[第1実施例] 図1は第1実施例の立体画像表示装置の構成を示すブロック図である。図において、1L、1Rはそれぞれ左撮像系、右撮像系であり、

所定の間隔10だけ離れて平行に光軸が配置される。

【0017】画像入力部2は左撮像系1L、右撮像系1Rのカメラから出力されたビデオ信号を1フレーム毎にデジタル画像データに変換し、それぞれ画像メモリ3L、3Rに記憶する。画像補間部4は画像メモリ3L、3Rに記憶された画像データからHMD7の右表示部に表示する画像を補間し、出力用の画像メモリ5に画像データを出力する。画像出力部6は画像メモリ3Lと出力用の画像メモリ5に記憶されたデジタル画像データをそれぞれビデオ信号に変換してHMD7に出力する。

【0018】図2は立体画像の表示方法の原理を示す説明図である。図において、Xは水平方向、Y(図示せず)は垂直方向、Zは奥行き方向を表す。IL、IRはそれぞれ左撮像系、右撮像系の像面であり、それぞれ視点から焦点距離fの位置にあり、視点間の間隔は10である。このとき、視差はX方向にのみ生じるので、X座標についてのみ以下に説明する。同一点のY座標は左右画像、表示する補間画像について不变である。

【0019】Oは被写体上の物点であり、両方のカメラの視点から距離Zだけ離れている。xL、xRは物点Oのそれぞれの像面IL、IR上での像点であり、式(1)で示される。

【0020】

【数1】

$$xL = f \cdot X/Z, xR = f \cdot (X - 10)/Z$$

したがって、10だけ離れたカメラで撮像した場合、視差△0は式(2)で示される。

【0021】

$$【数2】 \Delta 0 = xL - xR = f \cdot 10/Z$$

一方、このような条件で撮像した画像を光軸間隔11のHMDで観察すると、実際に被写体を観察したときの視差△1は同様に式(3)で示される。

【0022】

$$【数3】 \Delta 1 = f \cdot 11/Z$$

したがって、実際よりも大きな視差が生じた画像を観察することになり、奥行き方向の距離を小さく感じる。

【0023】本実施例においては、HMD表示時の画像の視差が実際に被写体を観察したときの視差△1となるよう一方の画像を2つの画像から求めた画像補間により表示するようにする。

【0024】図3は画像補間の一例を示す説明図である。図において、a、cはそれぞれ左画像、右画像であり、bが視差補正を行った補間画像である。

【0025】図4は画像補間処理を示すフローチャートである。まず、画像補間部4の入力である左画像データ、右画像データを用いて対応点抽出処理を行なう(ステップS401)。対応点抽出処理は、左画像の全ての画素に対応する右画像の画素位置を求める処理であり、以下のようにして行われる。

【0026】最初に、左画像の小領域をテンプレートと

して切り出し、テンプレートに位置オフセットをかけて平行移動させて右画像データとの差の総和が最も小さい位置を検出し、対応する右画像の画素位置とする。テンプレートと画像データの差が一定の閾値以下にならない場合や、差の最小値を持つ位置が複数存在して対応点を特定できない場合は対応点が見つからないことを知らせるフラグをたてる。検出された右画像の画素位置は右撮像系 1 R の像面座標に換算されて出力される。

【0027】つぎに、対応する左画像および右画像の画素位置と撮像パラメータとから距離の算出が行われる（ステップ S 402）。対応する左画像と右画像の画素位置の座標 x L、x R から数式（1）により距離情報が数式（4）の通り求まる。

【0028】

【数4】 $1/Z = (x_L - x_R) / (f \cdot 10)$
また、このとき表示する補間画像での x 座標は数式（5）から求まる。

【0029】

【数5】 $x = x_L - f \cdot 11/Z$

このように、ステップ S 402 の処理により表示する補間画像内で対応点が見つかる画素のすべての距離情報を求まる。しかし、左画像と右画像で画素位置の対応が取れない領域では距離情報が求まらないので、距離補間処理を行なう（ステップ S 403）。

【0030】図 5 は距離補間処理の内容を示す説明図である。図において、斜線で示す領域は近距離物体で隠されたため左右画像での対応が取れなかった領域である。このうち、O L で示す領域は近距離物体の左側にあり、この領域の左右の距離情報を比較して右側の領域の方が遠距離であることにより認識され、右側の領域の距離情報より距離が補間される。以上の処理により、表示する補間画像内の全ての距離情報が求まる。

【0031】ステップ S 403 で求まった距離情報と撮像パラメータとから、補間画像上の全ての画素の左画像、右画像の画素座標を数式（6）に示す座標変換式によって求める。

【0032】

【数6】

$x_L' = x + f \cdot 11/Z, x_R' = x_L - f \cdot 10/Z$
ステップ S 404 で求まった左右画像の画素座標と左右画像データとから画像データ補間処理を行なう（ステップ S 405）。画像データの補間は双曲形補間などの処理で行なう。このとき、対応点が求まった領域、および図 5 の O L で示す領域は左画像からの補間値を、O R で示す領域は右画像からの補間値を与える。ステップ S 405 によって表示される補間画像データが出力用の画像メモリ 5 に出力される。

【0033】したがって、本実施例では左右のカメラで撮像した視差△0 と実際に被写体を観察したときの視差△1 との関係が上述の数式（2）、（3）を満たしてお

り、△0 : △1 = 10 : 11 であるので、観察される画像の大きさが実際の大きさと同等に感じる違和感のない立体画像を得ることができる。

【0034】【第 2 実施例】つぎに、第 2 実施例の立体画像表示装置について説明する。前記第 1 実施例では、撮像系 1 L、1 R の光軸間隔がある程度大きくなると左右画像で共通した被写体像が得られなくなるので、左右撮像系 1 L、1 R の光軸を平行でなく、ある程度輻輳を付けて設定する必要がある。

10 【0035】第 2 実施例では、このような場合に対する表示画像の補間、生成を行なうものである。図 6 は第 2 実施例の立体画像表示装置の構成を示すブロック図である。1 L、1 R はそれぞれ左撮像系、右撮像系であり、光軸が所定の間隔 12だけ離れ、それぞれの光軸が輻輳角 2θ で交差して配置されている。

【0036】画像入力部 2 は左撮像系 1 L、右撮像系 1 R のカメラから出力されるビデオ信号を 1 フレーム毎にデジタル画像データに変換する。画像変換部 8 L、8 R はデジタル画像データに変換された左右それぞれの 20 画像データから左右撮像系 1 L、1 R の光軸を平行にして撮像した画像データに変換し、それぞれ画像メモリ 3 L、3 R に記憶する。画像補間部 10 は画像メモリ 3 L、3 R に記憶された画像データから HMD 7 の右表示部に表示する画像を補間により生成し、出力用の画像メモリ 9 L、9 R に画像データを出力する。画像出力部 6 は出力用の画像メモリ 9 L、9 R に記憶されたデジタル画像データをそれぞれビデオ信号に変換して HMD 7 に出力する。

【0037】図 7 は画像変換部 8 L、8 R の処理内容を示す説明図である。図において、I L、I R はそれぞれ被写体に対して θだけ輻輳した左撮像系、右撮像系の像面、I L'、I R' は光軸を平行にした場合の左撮像系、右撮像系の像面である。画像変換部 8 L では、物点 O に対する左撮像系の像面 I L の像点 x が光軸を平行にした場合の左撮像系の像面 I L' の像点 x L' に対応するよう画像を変換する。

【0038】x L と x L' の対応関係は視点移動がないので、焦点距離 f と輻輳角 2θ をパラメータとして対応づけられる。同様に、画像変換部 8 R では右撮像系の像面 I R の像点が光軸を平行にした場合の右撮像系の像面 I R' の像点に対応するよう画像を変換する。

【0039】図 8 は画像変換の例を示す説明図である。a、b はそれぞれ左撮像系、右撮像系からの入力画像で輻輳のために台形歪みが生じている。c、d は画像変換部からの出力画像で光軸を平行にした場合の画像となっている。ただし、図の斜線部分は画像データが入力されていない領域であり、それぞれ光軸中心が X 方向にずれている。

【0040】図 9 は画像補間部 10 の処理内容を示す説明図である。I L'、I R' はそれぞれ光軸を平行にし

た場合の左撮像系、右撮像系の像面であり、光軸間隔12の分だけ視差が生じた画像が画像メモリ3L、3Rから入力される。HMD7に表示するべき画像は光軸間隔が11であり、出力用の画像メモリ9Lに出力する表示画像は画像メモリ3Lの画像に対して数式(7)に示す視差△2となるような画像であり、これを画像補間部10で左右画像データと撮像パラメータから補間、生成する。

【0041】

$$【数7】 \triangle 2 = f \cdot (12 - 11) / (2Z)$$

同様に、出力用の画像メモリ9Rに出力する表示画像は画像メモリ3Lの画像に対して数式(8)に示す視差△3となるような画像であり、これを画像補間部10で左右画像データと撮像パラメータから補間、生成する。

【0042】

$$【数8】 \triangle 3 = f \cdot (12 + 11) / (2Z)$$

画像補間の方法は、図4に示した前記第1実施例と同等の処理を行なうものであり、2つの補間画像を生成する。

【0043】以上示したように、第2の実施例の立体画像表示装置では、輻輳して撮像した画像に対してHMDで観察したときに違和感のない立体画像を得ることができる。

【0044】【第3実施例】つぎに、第3実施例の立体画像表示装置について説明する。立体画像を撮像する場合、実際の被写体のミニチュアモデルを撮像して表示することがある。この場合、画像補間処理を利用して観察画像を実際よりも大きく感じるように表示させることができる。

【0045】第3実施例の立体画像表示装置は前記第2実施例と同一の構成を有する。図10は撮像したミニチュアモデルの画像を大きく見せるための画像補間部10での処理内容を示す説明図である。

【0046】図9と同様に、IL'、IR'はそれぞれ光軸を平行にした場合の左撮像系、右撮像系の像面であり、光軸間隔12の分だけ視差が生じた画像が画像メモリ3L、3Rから入力される。HMDに表示するべき画像は光軸間隔が11であるが、撮像した画像を実際のβ倍に見せるには視差が1/βになればよいから、13=11/βとして、出力用画像メモリ9Lに出力する表示画像は画像メモリ3Lの画像に対して数式(9)に示すような視差△4となるような画像であり、これを画像補間部10で左右画像データと撮像パラメータとから補間、生成する。

【0047】

$$【数9】 \triangle 4 = f \cdot (12 - 13) / (2Z)$$

同様に、出力用の画像メモリ9Rに出力する表示画像は、画像メモリ3Lの画像に対して数式(10)に示すような視差△5となるような画像であり、これを画像補間部10で左右画像データと撮像パラメータとから補

間、生成する。

【0048】

$$【数10】 \triangle 5 = f \cdot (12 + 13) / (2Z)$$

以上示したように、本実施例では実際の被写体のミニチュアモデルを撮像した画像に対してHMDで観察したときにミニチュアモデルの大きさの所望の倍率の大きさに感じる立体画像を得ることができる。

【0049】尚、以上示した実施例では、HMDに表示させる場合であったが、撮像した2つの画像をテレビの

フィールド毎に交互に切り換えて表示し、その画像に同期させて開閉するシャッタメガネを用いて立体視する場合についても、同等の効果が得られることは言うまでもない。

【0050】

【発明の効果】本発明の請求項1に係る立体画像表示装置によれば、表示手段により左右2台のカメラで撮影したそれぞれの画像を表示し、該表示される画像を両眼で立体画像として観察する際に、生成手段により前記表示部に表示される画像の少なくとも一方を、他方の画像を用いた補間により生成し、補間手段により少なくとも画像撮影時の視点間隔および画像表示時の光軸間隔に基づいて補間するので、撮影時と観察時とで光軸間隔が異なった場合においても観察される画像の大きさが実際の大きさと同等に感じる違和感のない立体画像を得ることができる。

【0051】請求項2に係る立体画像表示装置によれば、ずれ量検出手段により前記左右2台のカメラで撮影したそれぞれの画像に対応する画素位置のずれ量を検出し、前記補間手段は前記検出された各画素位置のずれ量

と前記表示部に表示された画像のずれ量との比が画像撮影時の視点間隔と画像表示時の光軸間隔との比に等しくなるように補間するので、観察される画像の大きさが実際の大きさと同等に感じる違和感のない立体画像を得ることができる。

【0052】請求項3に係る立体画像表示装置によれば、ずれ量検出手段により前記左右2台のカメラで撮影したそれぞれの画像に対応する画素位置のずれ量を検出し、前記補間手段は該検出された各画素位置のずれ量と前記表示部に表示された画像のずれ量との比が画像撮影時の視点間隔と画像表示時の光軸間隔との比の定数倍に等しくなるように補間するので、実際の被写体のミニチュアモデルを撮像した画像に対して、例えばHMDで観察したときにミニチュアモデルの大きさの所望の倍率の大きさに感じる立体画像を得ることができる。

【0053】請求項4に係る立体画像表示装置によれば、光軸に輻輳をつけて前記2台のカメラを設定し、画像変換部により該設定された2台のカメラで撮影された画像を、光軸が平行であるとした画像に変換し、前記補間手段は前記変換された画像を補間するので、輻輳して撮像した画像に対しても、例えばHMDで観察したとき

に違和感のない立体画像を得ることができる。

【0054】請求項5に係る立体画像表示方法によれば、左右2台のカメラで撮影したそれぞれの画像を表示し、該表示される画像を両眼で立体画像として観察する立体画像表示方法において、前記表示部に表示される画像の少なくとも一方を、他方の画像を用いた補間により生成する際に、少なくとも画像撮影時の視点間隔および画像表示時の光軸間隔に基づいて補間するので、撮影時と観察時とで光軸間隔が異なった場合においても観察される画像の大きさが実際の大きさと同等に感じる違和感のない立体画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例の立体画像表示装置の構成を示すブロック図である。

【図2】立体画像の表示方法の原理を示す説明図である。

【図3】画像補間の一例を示す説明図である。

【図4】画像補間処理を示すフローチャートである。

【図5】距離補間処理の内容を示す説明図である。

【図6】第2実施例の立体画像表示装置の構成を示すブロック図である。

【図7】画像変換部8L、8Rの処理内容を示す説明図である。

【図8】画像変換の例を示す説明図である。

【図9】画像補間部10の処理内容を示す説明図である。

【図10】撮像したミニチュアモデルの画像を大きく見せるための画像補間部10での処理内容を示す説明図である。

【符号の説明】

1 L … 左撮像系

1 R … 右撮像系

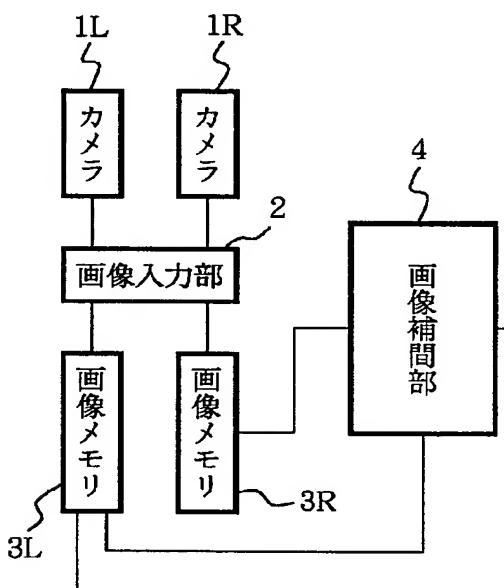
2 … 画像入力部

4 … 画像補間部

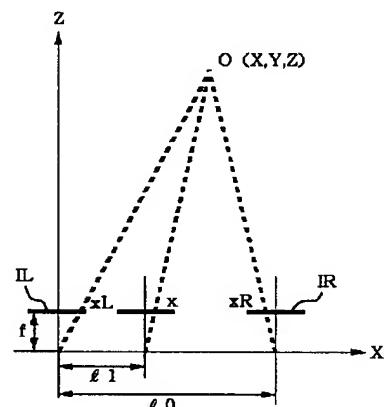
7 … H M D

8 L、8 R … 画像変換部

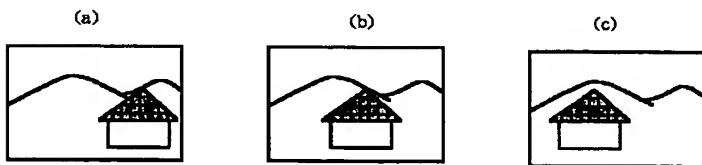
【図1】



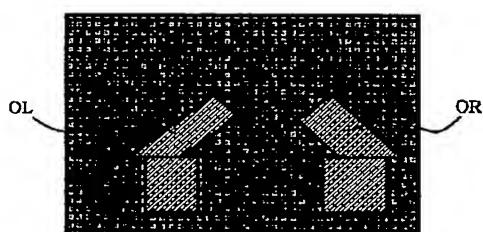
【図2】



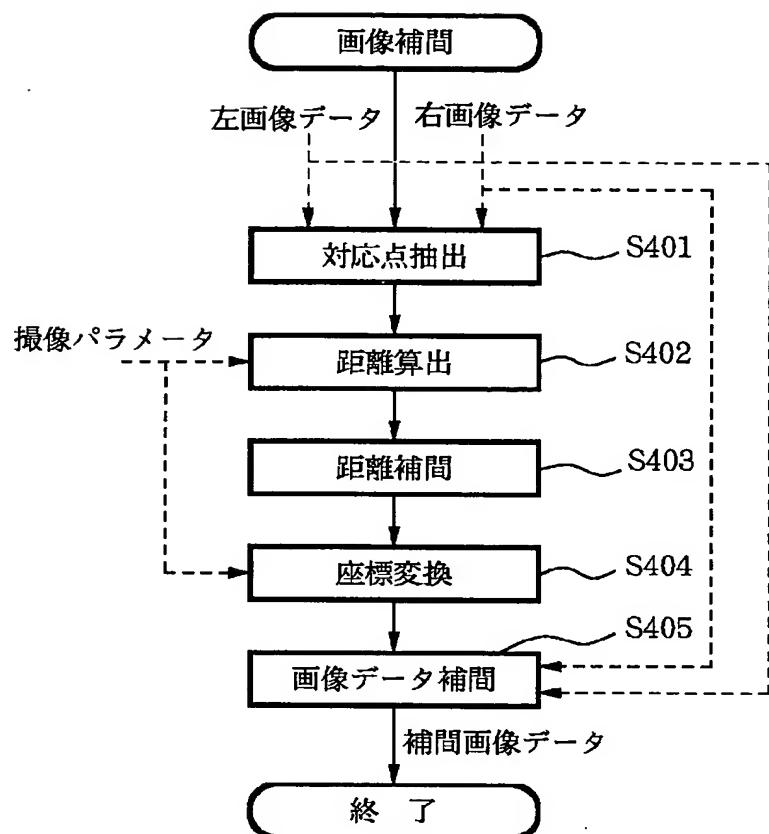
【図3】



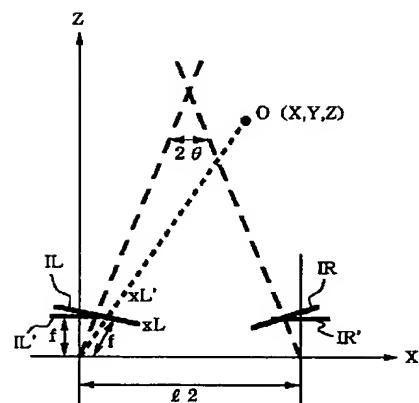
【図5】



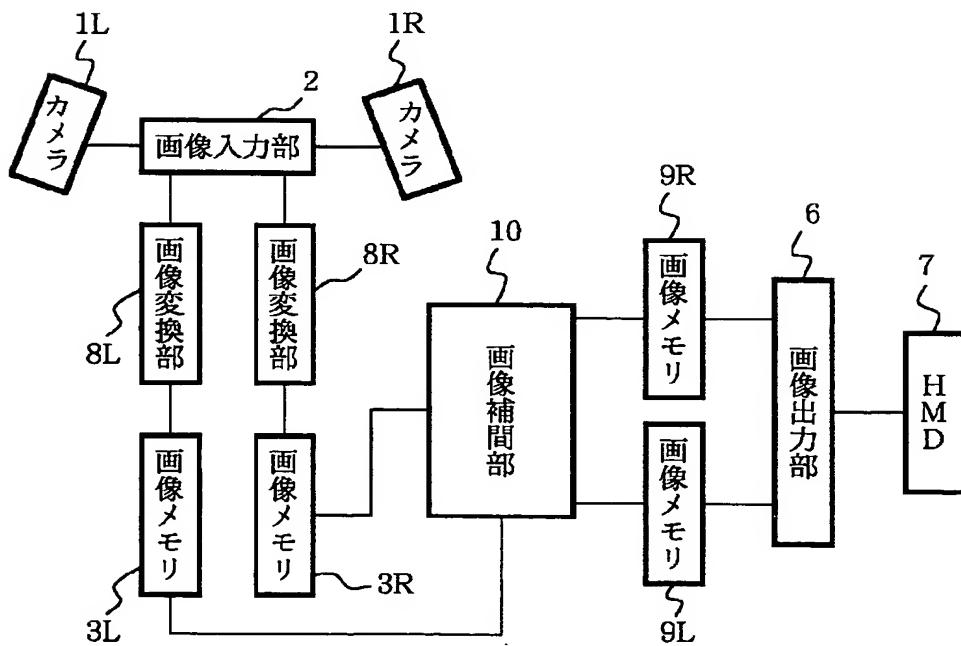
【図 4】



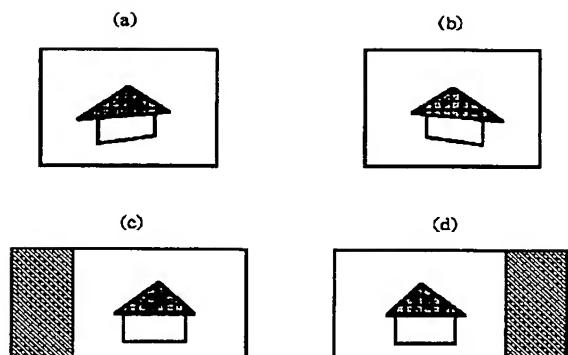
【図 7】



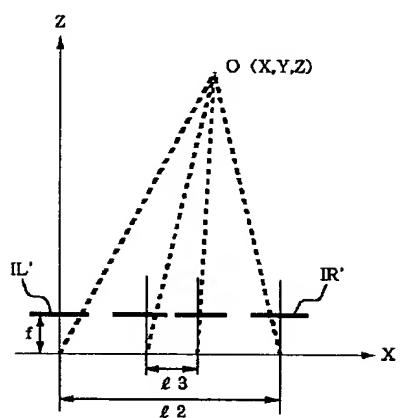
【図 6】



【図 8】



【図 10】



【図 9】

